

549, 426

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international(43) Date de la publication internationale  
7 octobre 2004 (07.10.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/086124 A2(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : G02C 7/00(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2004/000626

(22) Date de dépôt international : 12 mars 2004 (12.03.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
03/03584 20 mars 2003 (20.03.2003) FR  
03/12697 28 octobre 2003 (28.10.2003) FR

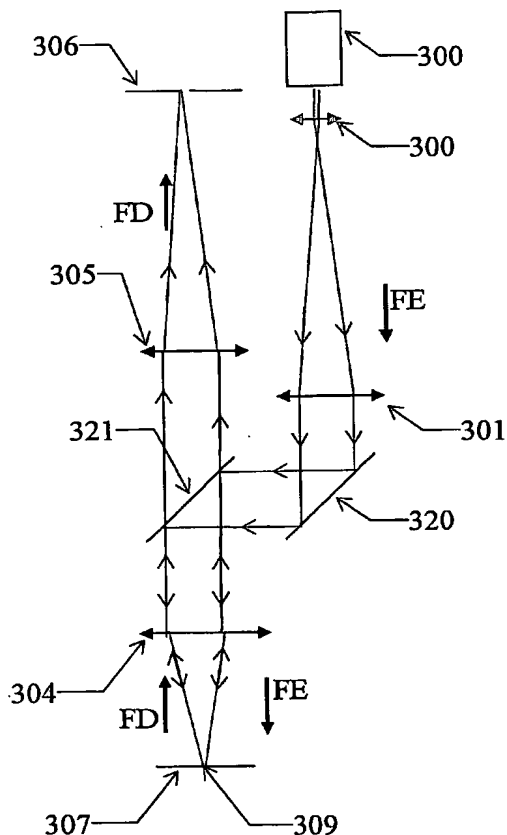
(71) Déposant et

(72) Inventeur : LAUER, Vincent [FR/FR]; 1, villa de Beauté,  
F-94130 Nogent sur Marne (FR).(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,  
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,  
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,  
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,  
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM,  
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien  
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: MIRROR-CHANGING CONFOCAL OPTICAL DEVICE

(54) Titre : DISPOSITIF OPTIQUE CONFOCAL AVEC CHANGEMENT DE MIROIR

(57) Abstract: A confocal optical device comprising a separation and redi-  
rection unit with two parallel mirrors (321, 320) which are placed in an afo-  
cal area.(57) Abrégé : Dispositif optique confocal comportant un bloc de sèpara-  
tion et de redirection à deux miroirs parallèles (321, 320) placés dans une  
zone afocale.

WO 2004/086124 A2



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée  
dès réception de ce rapport*

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

Dispositif confocal avec changement de miroirDomaine Technique

- 5 Il s'agit d'un dispositif optique confocal comprenant un moyen pour changer le miroir de séparation qui sépare le faisceau d'éclairage dirigé vers l'objet observé du faisceau à détecter provenant de l'objet observé.

Technique antérieure

- La figure 1 représente une partie d'un dispositif de optique confocal selon l'art antérieur. Un faisceau lumineux issu d'un laser 308 est élargi et collimaté par des lentilles 300, 301. Le faisceau d'éclairage FE ayant traversé la lentille 301, qui est sensiblement parallèle, est ensuite réfléchi par le miroir partiellement réfléchissant 302 puis il est renvoyé vers la lentille 304 qui peut être l'objectif du microscope ou une lentille intermédiaire. La lentille 304 focalise le faisceau d'éclairage issu d'un point du réseau 300 en un point éclairé 309 du plan image 307 qui peut être un plan image intermédiaire ou directement un objet observé. Le faisceau à détecter FD revenant du point éclairé retransverse en sens inverse la lentille 304 et traverse le miroir partiellement transparent 302. Il traverse la lentille 305 et parvient à un trou microscopique 306 qui a un rôle de filtrage et est placé dans un plan focal de la lentille 305. Sur la figure le miroir partiellement transparent 302 est dans une zone afocale, c'est-à-dire que le faisceau d'éclairage et le faisceau à détecter sont sensiblement parallèles dans cette zone. Toutefois en microscopie confocale le miroir partiellement transparent n'est pas nécessairement placé dans une zone afocale. Par exemple il peut également être placé à proximité immédiate du trou microscopique. Le miroir partiellement transparent 302 peut typiquement être un miroir dichroïque séparant les longueurs d'onde d'excitation et d'émission, dans le cas d'un microscope fonctionnant en fluorescence, ou un séparateur de faisceau neutre en longueur d'onde, pour l'observation de la lumière réfléchie par un objet à observer.

- Pour que le système fonctionne le point éclairé 309 doit être conjugué au trou microscopique 306. Mais la précision de positionnement du miroir 302 est insuffisante pour qu'une telle conjugaison puisse être reproduite de manière fiable lorsque le miroir est remplacé par un autre ou supprimé puis remis en place. En effet, toute imprécision de positionnement du miroir modifie la direction du faisceau d'éclairage réfléchi par le miroir, et par conséquence déplace le point d'éclairage qui cesse d'être conjugué au trou microscopique. L'échange du miroir 302 est nécessaire par exemple, s'il s'agit d'un miroir dichroïque, pour changer de longueur d'onde d'excitation. Il peut également y avoir plusieurs lignes d'éclairage distinctes qui parviennent à la zone afocale et sont chacune superposées au faisceau à détecter par un miroir partiellement transparent. Dans ce cas, chaque miroir doit être amovible, de manière à ce qu'on puisse utiliser une ligne d'éclairage sans être gêné par le miroir correspondant à une autre ligne d'éclairage.

- Par simplification on n'a pas fait figurer sur la figure 1 le dispositif de balayage qui peut par exemple être une paire de miroirs galvanométrique ou un dispositif de translation de l'échantillon. La figure 1 peut être adaptée au cas d'un éclairage multipoints en remplaçant la lentille 300 par un réseau de microlentilles, et en remplaçant le trou microscopique 306 par un réseau de trous microscopiques.

Le problème de la perte de conjugaison entre le point de focalisation du faisceau d'éclairage dans l'objet, qui est conjugué au point de focalisation virtuel du laser d'éclairage, et le trou microscopique de filtrage, lors d'un changement de miroir dichroïque est habituellement résolu de diverses manières:

- a) en agrandissant considérablement l'image se formant dans le plan 306 de manière à remplacer le trou microscopique par un trou de dimensions plus élevées et en plaçant le miroir dichroïque à proximité de ce trou et non pas en zone afocale. Cette solution rallonge notablement les chemins optiques et n'est pas transposable au cas d'un réseau de trous microscopiques (éclairage multipoints). En effet dans ce dernier cas, agrandir l'image implique d'agrandir tout le réseau de trous microscopiques, ce qui mène à des dimensions du réseau qui sont incompatibles avec les dimensions normales d'un dispositif confocal.
- b) en prévoyant un système de réajustement de la position du trou microscopique.
- c) en combinant les solutions précédentes pour éviter des réajustements trop importants ou trop fréquents, sans rallonger excessivement le chemin optique.
- d) en faisant passer le faisceau d'éclairage par le trou microscopique, et en plaçant le miroir dichroïque avant le trou microscopique sur le chemin du faisceau d'éclairage, donc après le trou microscopique sur le chemin du faisceau revenant de l'objet. Cette solution simplifie le système mais ne permet pas de régler la taille du trou microscopique sans affecter également le faisceau d'éclairage, et ne permet pas non plus de corriger les différences d'aberration chromatique entre le faisceau d'éclairage et le faisceau à détecter revenant de l'objet observé. Elle se traduit donc par une diminution de la qualité des images obtenues.

## 20 Description de l'invention

L'invention a pour objectif de résoudre le problème de la perte de conjugaison entre le point de focalisation 309 du faisceau d'éclairage et le trou microscopique 306 lors de l'échange du miroir séparateur 302, en évitant les défauts caractérisant les techniques mentionnées plus haut, et d'une manière qui soit compatible avec l'utilisation d'un éclairage multipoints.

- 25 L'invention consiste en un dispositif optique confocal pour éclairer au moins un point éclairé à l'aide d'un faisceau d'éclairage provenant d'une source d'éclairage et focalisé sur le point éclairé, et pour focaliser sur un trou microscopique un faisceau à détecter provenant du point éclairé, comprenant un miroir de séparation traversé par un premier faisceau et réfléchissant un deuxième faisceau, un des premier et deuxième faisceau étant le faisceau d'éclairage, et l'autre étant le faisceau à détecter, le miroir de séparation
- 30 étant échangeable, le dispositif étant caractérisé par les faits suivants :

- il comporte un miroir de renvoi sensiblement parallèle au miroir de séparation et réfléchissant le deuxième faisceau,
  - le miroir de séparation et le miroir de renvoi sont solidaires l'un de l'autre, de sorte que le miroir de renvoi et le miroir de séparation constituent ensemble un bloc séparateur, qui est échangé d'un seul tenant
- 35 lors de l'échange du miroir de séparation.

Par exemple, le miroir de séparation peut être un miroir dichroïque et le miroir de renvoi peut être un miroir uniquement réfléchissant. Le miroir de séparation peut également être un miroir partiellement transparent (séparateur de faisceau) ou un miroir uniquement réfléchissant.

Si le miroir de séparation était positionné indépendamment du miroir de renvoi, une erreur de positionnement du miroir de séparation affecterait la direction du second faisceau lumineux, qui ne pourrait donc pas être considérée comme reproductible lorsque le miroir de séparation est déplacé hors du chemin optique puis remis en place. Le fait que les deux miroirs soient solidaires a pour conséquence que la direction du second faisceau en sortie du bloc séparateur n'est pas affectée par les erreurs de positionnement de l'ensemble du bloc séparateur. En effet, après réflexion sur deux miroirs parallèles entre eux, un faisceau lumineux retrouve exactement sa direction initiale, ce quelque soit l'angle entre le faisceau et les miroirs. On vérifie également qu'une erreur de positionnement du bloc séparateur en translation n'affecte pas les faisceaux lumineux, dont ni la position ni la direction ne sont affectés en entrée comme en sortie du bloc séparateur.

Toutefois, la présence d'un miroir de renvoi solidaire du miroir de séparation et parallèle au miroir de séparation ne suffit pas éliminer toute sensibilité du système aux erreurs de positionnement du bloc séparateur ainsi formé. Une erreur de positionnement en rotation du bloc séparateur se traduit en effet par une translation correspondante du second faisceau lumineux, bien que la direction de ce faisceau reste constante. Cette translation peut se traduire par une perte de la conjugaison optique entre le point éclairé et le trou microscopique.

Selon l'invention, ce problème est résolu en plaçant lesdits miroirs de séparation et de renvoi (donc le bloc séparateur) dans une zone afocale, dans laquelle le faisceau d'éclairage et le faisceau à détecter sont sensiblement parallèles.

Du fait que le bloc séparateur est placé dans une zone afocale, une direction du faisceau au niveau du bloc séparateur correspond à un point dans un plan où les faisceaux sont focalisés, et donc la position d'un tel point (et par suite la conjugaison entre le point de focalisation du faisceau d'éclairage et le trou microscopique) n'est pas affectée par les erreurs de positionnement du bloc séparateur, tant en rotation qu'en translation.

L'invention est adaptée aussi bien à des systèmes monopoint qu'à des systèmes multipoints. Toutefois dans le cas de systèmes multipoints les techniques existantes sont d'une application plus difficile, voire impossible dans le cas de la technique (a) mentionnée plus haut. L'invention est donc particulièrement utile à des systèmes multipoints, auquel cas le dispositif optique suivant l'invention comporte des moyens pour éclairer une pluralité de points éclairés à l'aide d'une pluralité de faisceaux d'éclairage, et pour focaliser sur une pluralité de trous microscopiques une pluralité de faisceaux à détecter provenant chacun d'un point éclairé, ledit miroir de séparation étant traversé par une pluralité de premiers faisceaux, lesdits miroirs de séparation et de renvoi réfléchissant une pluralité de seconds faisceaux, lesdits premiers faisceaux étant les faisceaux d'éclairage et lesdits seconds faisceaux étant les faisceaux à détecter, ou lesdits premiers faisceaux étant les faisceaux à détecter et lesdits seconds faisceaux étant les faisceaux d'éclairage.

Le miroir de séparation peut être par exemple un miroir dichroïque ou un miroir partiellement transparent neutre en longueur d'onde. Le miroir de renvoi est de préférence un miroir totalement réfléchissant.

Afin de pouvoir échanger le bloc séparateur dispositif selon l'invention comprend de préférence une pluralité de blocs séparateurs constitués chacun d'un miroir de séparation et d'un miroir de renvoi

correspondant, et un moyen pour placer alternativement l'un ou l'autre des blocs séparateurs sur le chemin optique. Ce moyen peut être par exemple un coulisseau ou une roue tournant autour de son axe.

- Si les miroirs de séparation et de renvoi ne sont pas parfaitement parallèles, la direction du second faisceau en sortie du bloc séparateur peut être légèrement modifiée par rapport à sa direction en entrée du bloc séparateur. Pour que plusieurs blocs séparateurs puissent être échangés sans perte de conjugaison entre le point éclairé et le trou microscopique, il est nécessaire que tous les blocs échangeables génèrent la même variations de direction des faisceaux, ce avec une très grande précision. Ceci est difficile à réaliser avec des blocs séparateurs comportant plusieurs pièces assemblées. Selon une version préférée de l'invention, le miroir de séparation et le miroir de renvoi sont placés sur deux faces opposées d'une lame à faces parallèles.
- 10 Cette lame est disposée pour que :
- le trajet optique du deuxième faisceau comporte successivement une première traversée de la lame à faces parallèles, une réflexion sur un premier miroir, une seconde traversée de la lame à faces parallèles, une réflexion sur un deuxième miroir, et une troisième traversée de la lame à faces parallèles, un des premier et deuxième miroir étant le miroir de renvoi et l'autre étant le miroir de séparation,
  - 15 - et pour que le trajet optique du premier faisceau comporte une traversée de la lame à faces parallèles et une traversée du miroir de séparation.

- Le miroir de séparation et le miroir de renvoi sont par exemple réalisés par dépôts de couches minces sur la lame à faces parallèles. La lame doit être suffisamment épaisse pour permettre la séparation effective des faisceaux lumineux. Dans ces conditions, un bon parallélisme des faces des lames constituant plusieurs blocs séparateurs suffit à assurer l'interchangeabilité de ces blocs. Ceci est aisément réalisable dans un atelier d'optique. Si les lames constituant des blocs séparateurs mutuellement échangeables n'ont pas des faces parfaitement parallèles, l'angle entre ces faces doit être le même pour tous les blocs séparateurs mutuellement échangeables.
- 20

- La lame à faces parallèle permettant la séparation des faisceaux lumineux fait partie intégrante de l'invention, au même titre que le dispositif confocal dans son ensemble. L'invention consiste donc également en un bloc séparateur destiné à un dispositif optique confocal, caractérisé par le fait qu'il est constitué par une lame à faces parallèles,
- une première face de ladite lame comportant une première zone sur laquelle un miroir dichroïque ou partiellement réfléchissant est réalisé par dépôt d'au moins une couche mince, destinée à être traversé par un premier faisceau lumineux et à réfléchir un second faisceau lumineux,
  - 30 - la première face de ladite lame comportant une deuxième zone non réfléchissante, destinée à être traversée par le second faisceau lumineux,
  - une deuxième face de ladite lame, opposée à la première face, comportant une troisième zone sur laquelle un miroir de renvoi est réalisé par dépôt d'au moins une couche mince, destinée à réfléchir le second faisceau lumineux,
  - 35 - la deuxième face de ladite lame comportant également une quatrième zone non réfléchissante, destinée à être traversée par le premier faisceau lumineux et par le second faisceau lumineux.

En effet un tel bloc séparateur permet de séparer un premier faisceau lumineux d'un second faisceau lumineux sans altérer la direction de ces faisceaux. Il est destiné prioritairement à être utilisée dans

un microscope confocal, mais peut également être utilisée dans d'autres dispositifs nécessitant l'échange reproductible d'un bloc séparateur n'altérant pas la direction des faisceaux lumineux.

#### Brève description des figures

5 La figure 1 montre un dispositif optique confocal selon l'art antérieur. La figure 2 montre un dispositif optique confocal suivant l'invention. La figure 3 montre en perspective un bloc séparateur suivant l'invention. La figure 4 montre le même bloc séparateur en coupe. La figure 5 montre plusieurs blocs séparateurs associés au sein d'un coulisseau de changement de miroirs. La figure 6 montre en coupe un autre type de bloc séparateur. La figure 7 montre un coulisseau associant plusieurs blocs séparateurs du type représenté sur la figure 6. La figure 8 montre un type préféré de bloc séparateur. La figure 9 montre l'association dans un coulisseau de plusieurs blocs séparateurs du type représenté sur la figure 8. La figure 10 montre un dispositif confocal monopoint suivant l'invention utilisant le bloc séparateur de la figure 8. La figure 11 montre un dispositif confocal multipoints suivant l'invention utilisant le bloc séparateur de la figure 8.

#### Modes de réalisation

La figure 2 représente une réalisation simple du dispositif suivant l'invention. Le système est identique à celui de la figure 1, mais le miroir de séparation 302 a été remplacé par le bloc séparateur constitué par le miroir de séparation 321 et le miroir de renvoi 320 et situé en zone afocale.

20 Les figures 3 et 4 montrent un mode de réalisation particulier du bloc séparateur. Celui-ci comporte une pièce de verre 403 comportant une surface 401 sur laquelle est réalisé le miroir de séparation, et une surface 400 sur laquelle est réalisé le miroir de renvoi. Il est nécessaire d'utiliser une seconde pièce en verre 402 de manière à ne pas perturber la trajectoire de la partie du faisceau qui traverse le miroir de séparation. Les trajets optiques des faisceaux d'éclairage FE et de détection FD ont été représentés par des pointillés.

25 Comme indiqué sur la figure 5, plusieurs blocs séparateurs indépendants 410, 411, 412, peuvent être associés dans un coulisseau 414 permettant de les amener successivement dans le trajet optique.

Eventuellement, le coulisseau peut ne comporter qu'un seul bloc séparateur 412 en plus de l'ensemble 413, et dans ce cas il sert simplement à positionner ou à supprimer le bloc séparateur. En règle générale, il est souhaitable d'avoir une très grande précision dans le parallélisme entre les faces 400 et 401 et dans le parallélisme entre les faces 404 et 406 de manière à éviter que deux blocs séparateurs distincts dirigent le faisceau dans des directions différentes. Toutefois, dans le cas où seulement un bloc séparateur 413 est utilisé, cette précision est moins essentielle car elle affecte peu la reproductibilité des propriétés de conjugaison lorsque le même ensemble est mis en place, enlevé et remis en place. Les faces 404, 406, 405 doivent également être parfaitement parallèles entre elles.

35 La figure 6 montre un autre type de bloc séparateur selon l'invention. Celui-ci comprend un support 500 percé de trous pour laisser passer le faisceau lumineux, sur lequel sont positionnés un miroir de séparation 501 et un miroir de renvoi 502. Le faisceau d'éclairage passe par le trou 503, est réfléchi par le miroir de renvoi 502, est réfléchi par le miroir de séparation 501, et quitte le dispositif par le trou 504. Les miroirs 501 et 502 sont réalisés par dépôt d'une couche réfléchissante sur des lames de verre. Ils sont

maintenus en appui sur les surface du support 500 par des éléments en acier à ressort, par exemple 505 et 506, qui appliquent une pression sur la périphérie des miroirs. Ils peuvent également être fixés par une fine couche de colle. Si le support 500 est lui-même en verre, un « collage moléculaire » est également possible. Plusieurs blocs séparateurs peuvent être associés en un seul coulisseau. Dans ce cas, pour que ces ensembles  
5 soient aisément interchangeables, il est nécessaire que le parallélisme entre les surfaces sur lesquelles sont positionnés respectivement le miroir de redirection 502 et le miroir de séparation 501 soit réalisé avec une précision extrême. Cette contrainte peut être allégée en réalisant en une seule pièce plusieurs supports du type indiqué par la figure 6. Par exemple la figure 7 montre un support multiple 520, comportant des premiers miroirs partiellement transparents 511 à 514 correspondant au miroir 501 de la figure 6, un trou  
10 510, et des trous 521 à 525 correspondant au trou 503 de la figure 6. Une bonne planéité des surfaces du support multiple ainsi réalisé suffit en effet pour obtenir une bonne reproductibilité de la direction du faisceau, ce même lorsque plusieurs miroirs partiellement transparents sont successivement utilisés et lorsque un léger défaut de parallélisme subsiste entre les surfaces des deux miroirs 501, 502. Toutefois, la mise en position des miroirs de séparation et de renvoi sur leurs surfaces d'appui reste difficile à réaliser  
15 avec la précision nécessaire.

Les coulisseaux peuvent être motorisés. Toutefois il est également possible de monter plusieurs blocs séparateurs sur une roue tournant autour d'un axe, ce qui permet de diminuer les frottements par rapport à un système de coulisseau et donc de faciliter la motorisation.

La figure 8 montre un mode de réalisation préféré du bloc séparateur permettant de réaliser sans  
20 difficultés techniques excessives un bloc séparateur indépendant et aisément interchangeable. En effet, les modes de réalisation décrits précédemment sont difficiles à mettre en œuvre avec la précision nécessaire pour que des blocs séparateurs distincts soient interchangeables sans perturber les relations de conjugaison point à point entre les différents plans images du dispositif de l'invention. Le bloc séparateur représenté figure 8 résout ce problème. Il est constitué d'une lame à faces parallèles 600, suffisamment épaisse, sur  
25 laquelle le miroir de séparation 602 est réalisé par dépôt d'une couche mince (par exemple un dépôt multicouches dans le cas d'un miroir dichroïque) et le miroir de renvoi 603 est également réalisé par dépôt d'une couche mince (typiquement une couche métallique ou un dépôt multicouches). Le faisceau d'éclairage FE pénètre dans la lame à faces parallèles par une zone 604 qui peut être traitée antiréflexion, la traverse et parvient au miroir de renvoi 603 qui le réfléchit. Il traverse à nouveau la lame à faces parallèles et est  
30 réfléchi par le miroir de séparation 602. Il traverse une dernière fois la lame à faces parallèles qu'il quitte par la zone 601 qui peut être traitée antiréflexion. Le faisceau à détecter FD pénètre dans la lame par la zone 601, la traverse, parvient au miroir 602 et le traverse. Comme indiqué sur la figure 9, plusieurs blocs séparateurs 701, 702, 703, 704 du type représenté figure 8 peuvent être associés dans un coulisseau 700 permettant de passer d'un bloc à l'autre. La lame à faces parallèles peut typiquement être en verre et la  
35 réalisation de deux faces parfaitement parallèles sur une lame de verre ne pose pas de difficultés technologiques. Les dimensions de la lame à faces parallèles dépendent de la largeur des faisceaux et peuvent typiquement être de 15mm (épaisseur séparant les faces portant le miroir de séparation 602 et le miroir 603) x15mm (largeur) x45 mm (longueur). Cette solution permet donc d'obtenir à un coût acceptable



des blocs séparateurs facilement interchangeables destinés par exemple à être montés sur des roues ou des coulisseaux.

5 Ce dispositif génère un décalage latéral des faisceaux lumineux qui peut être compensé par un décalage correspondant des lentilles de la figure 2. La figure 10 représente, à titre d'exemple, la figure 2 modifiée pour le cas de l'utilisation de la lame à faces parallèles 600 décrite figure 8. On a gardé les mêmes numérotations que sur la figure 2, en ajoutant les numéros 602 et 603 utilisés sur la figure 8 et correspondant respectivement aux miroirs 321 et 320 de la figure 2. La figure 11 représente un mode de réalisation préféré de l'invention dans le cas d'un éclairage multipoints et de l'utilisation du bloc séparateur décrit figure 8. Un faisceau laser collimaté 800 est séparé par le réseau de microlentilles 801 en une  
10 pluralité de faisceaux d'éclairage FE. Sur la figure on a représenté un de ces faisceaux en traits pleins et un autre en pointillés. Les faisceaux d'éclairage traversent ensuite la lentille 802 après laquelle chaque faisceau d'éclairage est sensiblement parallèle. Ils sont réfléchis par le miroir 803. Les faisceaux d'éclairage parviennent ensuite au bloc séparateur constitué par la lame à faces parallèle 600. Ils entrent dans la lame, sont réfléchis par les miroirs 603 et 602, puis ressortent de la lame. Ils traversent l'objectif 804 et sont  
15 focalisés en des points éclairés de l'objet 807. Les faisceaux à détecter FD provenant des points éclairés traversent ensuite l'objectif 804, traversent la lame à faces parallèle 600 et le miroir 602, traversent la lentille 805 et sont focalisés sur les trous du réseau de trous microscopiques 800. On n'a pas représenté le dispositif de balayage qui peut typiquement être un miroir galvanométrique placé entre la lame à faces parallèles et l'objectif 804.

20 Sur les figures on a toujours fait traverser le miroir séparateur par le faisceau à détecter. Il est également possible que ce soit le faisceau à détecter qui soit réfléchi et le faisceau d'éclairage qui traverse le miroir de séparation, ce qui ne modifie pas la nature de l'invention.

#### Applications industrielles

25 Le dispositif décrit permet l'échange rapide et fiable du miroir dichroïque dans les microscopes confocaux, en particulier multipoints. Cet échange est par exemple nécessaire lors de l'observation de cellules marquées avec plusieurs marqueurs fluorescents, pour obtenir successivement des images correspondant à chaque marqueur.

## Revendications (1/3)

- 1- Dispositif optique confocal pour éclairer au moins un point éclairé (309) à l'aide d'un faisceau d'éclairage provenant d'une source d'éclairage (300) et focalisé sur le point éclairé, et pour focaliser sur un trou microscopique (306) un faisceau à détecter provenant du point éclairé, comprenant un miroir de séparation (321) traversé par un premier faisceau (FD) et réfléchissant un deuxième faisceau (FE), un des premier et deuxième faisceau étant le faisceau d'éclairage (FE), et l'autre étant le faisceau à détecter (FD), le miroir de séparation étant échangeable, le dispositif étant caractérisé par les faits suivants :
- 10 - il comporte un miroir de renvoi (320) sensiblement parallèle au miroir de séparation et réfléchissant le deuxième faisceau,
- le miroir de séparation et le miroir de renvoi sont solidaires l'un de l'autre,
- de sorte que le miroir de renvoi et le miroir de séparation constituent ensemble un bloc séparateur, destiné à être échangé d'un seul tenant lors de l'échange du miroir de séparation.
- 15 2- Dispositif optique selon la revendication 1, caractérisé par le fait que lesdits miroirs de séparation et de renvoi sont placés dans une zone afocale, dans laquelle le faisceau d'éclairage et le faisceau à détecter sont sensiblement parallèles.
- 20 3- Dispositif optique suivant une des revendications 1 ou 2, caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens (801) pour éclairer une pluralité de points éclairés à l'aide d'une pluralité de faisceaux d'éclairage, et pour focaliser sur une pluralité de trous microscopiques (806) une pluralité de faisceaux à détecter provenant chacun d'un point éclairé, ledit miroir de séparation étant traversé par une pluralité de premiers faisceaux, lesdits miroirs de séparation et de renvoi réfléchissant une pluralité de seconds faisceaux, lesdits premiers
- 25 faisceaux étant les faisceaux d'éclairage et lesdits seconds faisceaux étant les faisceaux à détecter, ou lesdits premiers faisceaux étant les faisceaux à détecter et lesdits seconds faisceaux étant les faisceaux d'éclairage.
- 4- Dispositif optique suivant une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que le miroir de séparation (602) et le miroir de renvoi (603) sont placés sur deux faces opposées d'une lame à faces parallèles (600).
- 30 5- Dispositif optique suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que le miroir de séparation et le miroir de renvoi sont réalisés par dépôts de couches minces sur la lame à faces parallèles.

## Revendications (2/3)

- 5 6- Dispositif selon une des revendications 4 ou 5, caractérisé par le fait que la lame à faces parallèles est disposée pour que
- le trajet optique du deuxième faisceau (FE) comporte successivement une première traversée de la lame à faces parallèles, une réflexion sur un premier miroir, une seconde traversée de la lame à faces parallèles, une réflexion sur un deuxième miroir, et une troisième traversée de la lame à faces parallèles, un des premier et deuxième miroir étant le miroir de renvoi et l'autre étant le miroir de séparation, et
  - 10 - le trajet optique du premier faisceau (FD) comporte une traversée de la lame à faces parallèles et une traversée du miroir de séparation.
- 15 7- Dispositif suivant une des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait que ledit miroir de séparation est un miroir dichroïque et ledit miroir de renvoi est un miroir totalement réfléchissant.
- 8- Dispositif suivant une des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait que ledit miroir de séparation est un séparateur de faisceau neutre en longueur d'onde et ledit miroir de renvoi est un miroir totalement réfléchissant.
- 20 9- Dispositif selon une des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait qu'il comprend une pluralité de blocs séparateurs comprenant chacun un miroir de séparation et un miroir de renvoi correspondant, et par le fait qu'il comporte un moyen pour placer alternativement l'un ou l'autre des blocs séparateurs sur le chemin optique.
- 25 10- Dispositif suivant la revendication 9, caractérisé par le fait que ledit moyen pour placer est un coulisseau.
- 11- Dispositif suivant la revendication 9, caractérisé par le fait que ledit moyen pour placer est une roue tournant autour d'un axe et sur laquelle sont montés les blocs séparateurs.

## Revendications (3/3)

- 12- Bloc séparateur destiné à un dispositif optique confocal suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il est constitué par une lame à faces parallèles,
- 5 - une première face de ladite lame comportant une première zone sur laquelle un miroir dichroïque ou partiellement réfléchissant est réalisé par dépôt d'au moins une couche mince, destinée à être traversée par un premier faisceau lumineux et à réfléchir un second faisceau lumineux,
- la première face de ladite lame comportant une deuxième zone non réfléchissante, destinée à être traversée par le second faisceau lumineux,
- 10 - une deuxième face de ladite lame, opposée à la première face, comportant une troisième zone sur laquelle un miroir de renvoi est réalisé par dépôt d'au moins une couche mince, destinée à réfléchir le second faisceau lumineux,
- la deuxième face de ladite lame comportant également une quatrième zone non réfléchissante, destinée à être traversée par le premier faisceau lumineux et par le second faisceau lumineux.

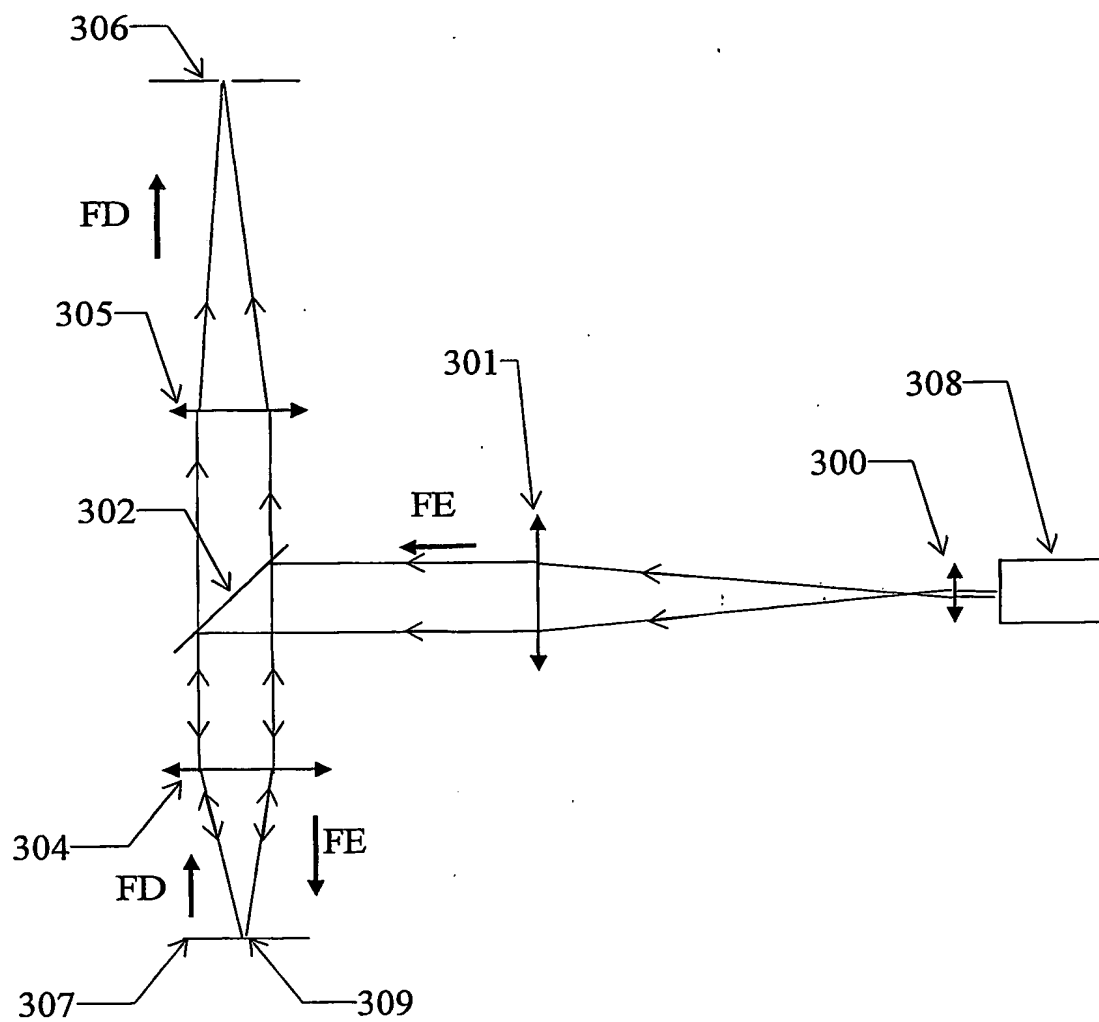


FIGURE 1 (ART ANTERIEUR )

2/8

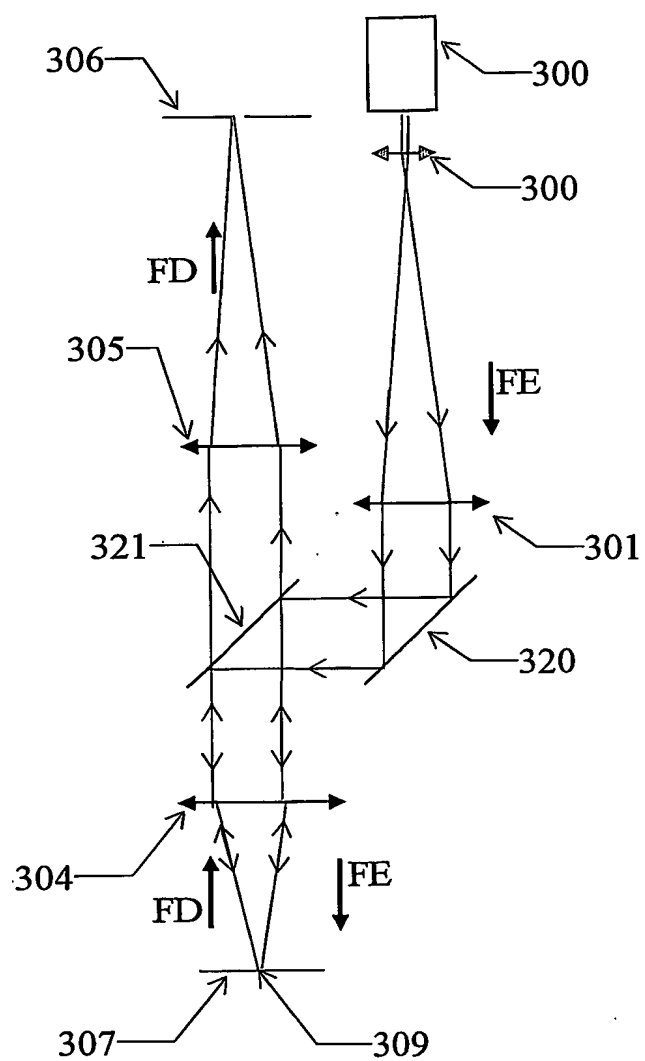


FIGURE 2

3/8

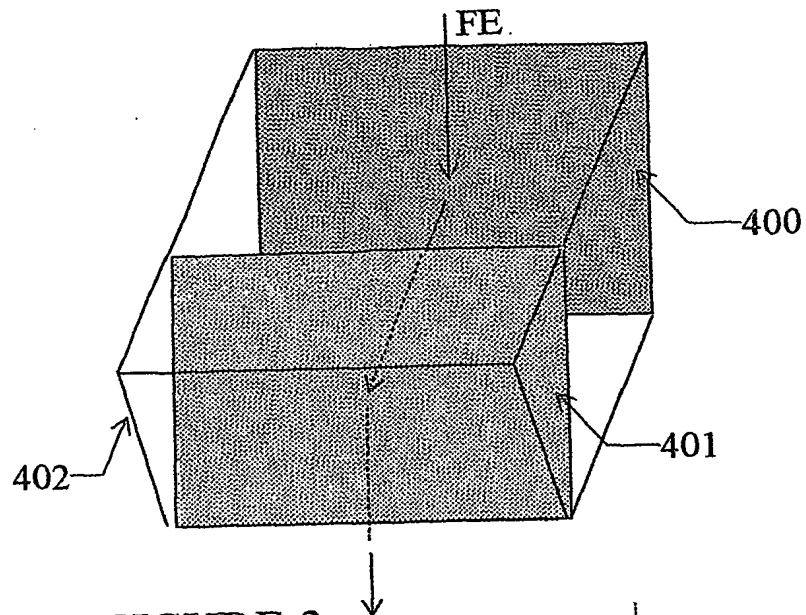


FIGURE 3

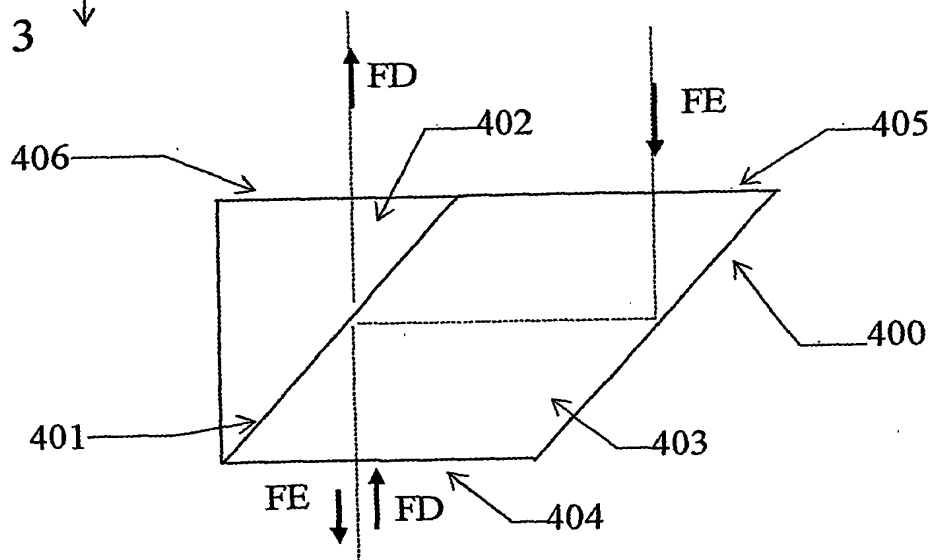


FIGURE 4

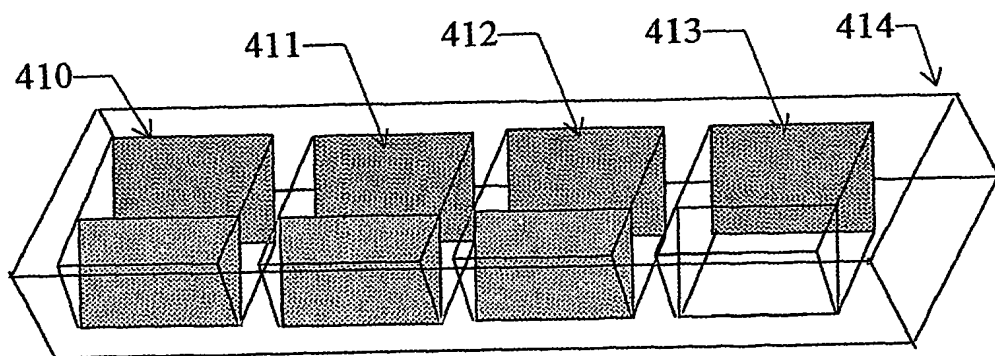


FIGURE 5

4/8

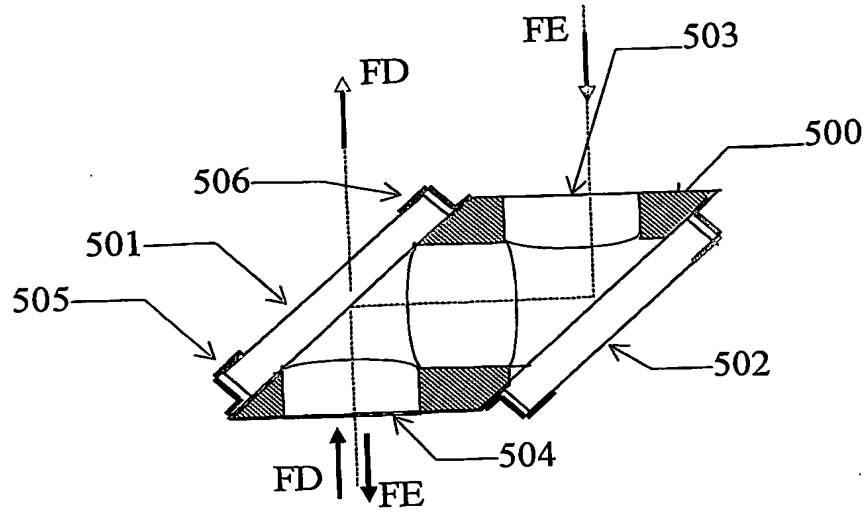


FIGURE 6

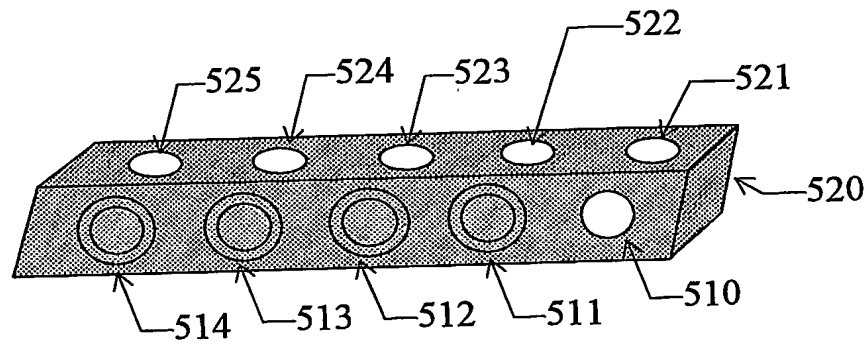


FIGURE 7



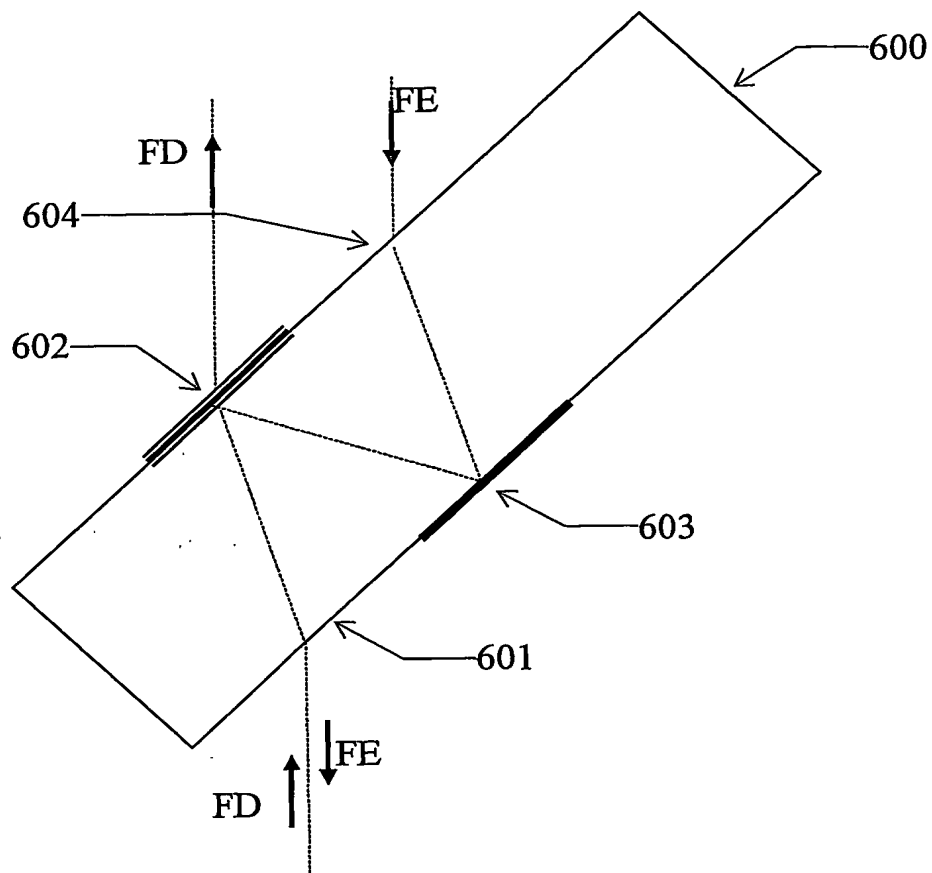


FIGURE 8

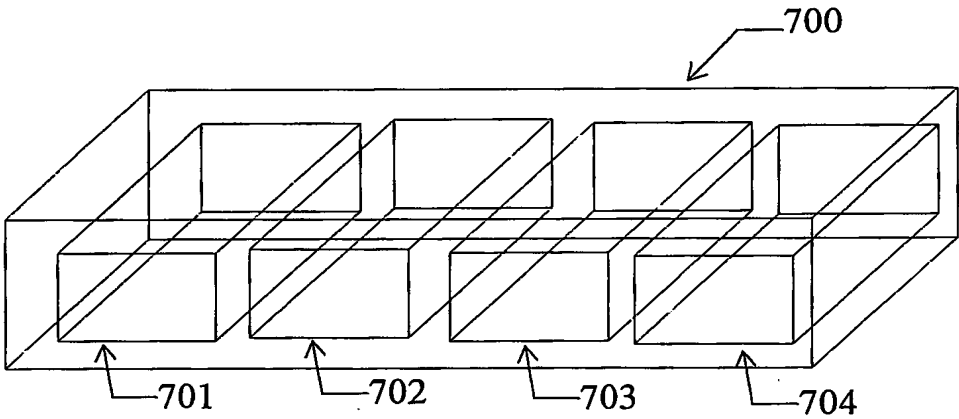


FIGURE 9

7/8

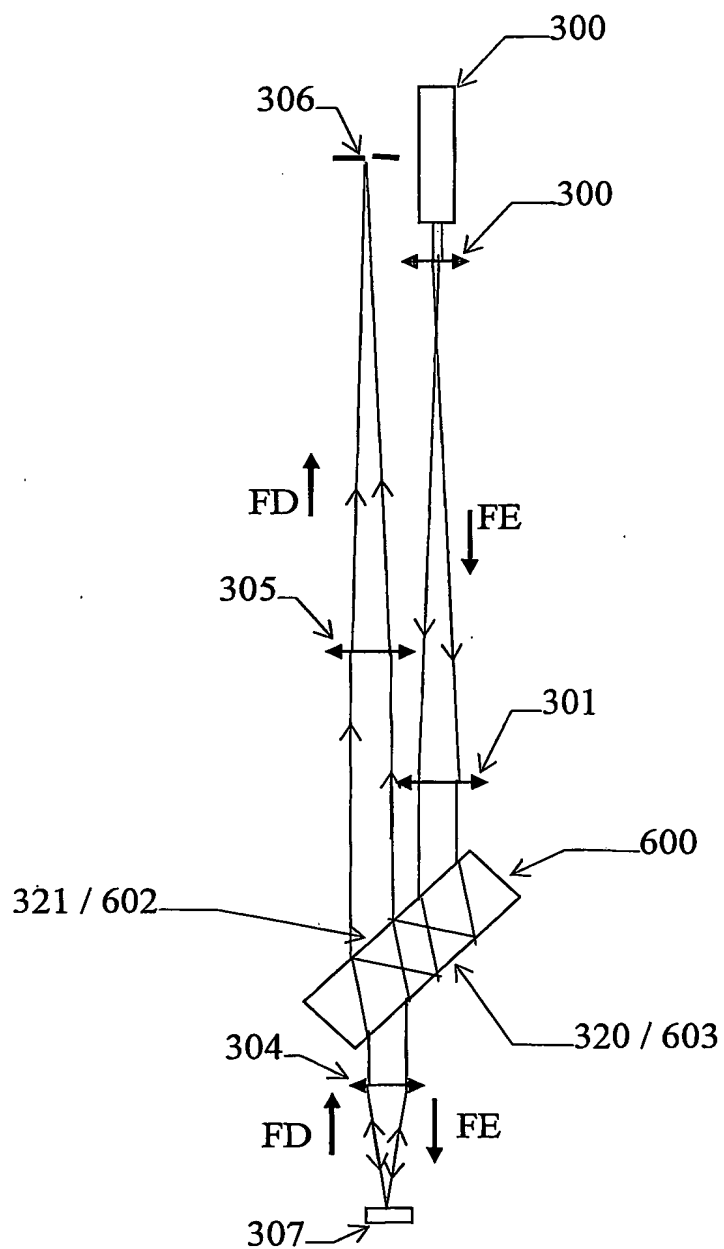


FIGURE 10

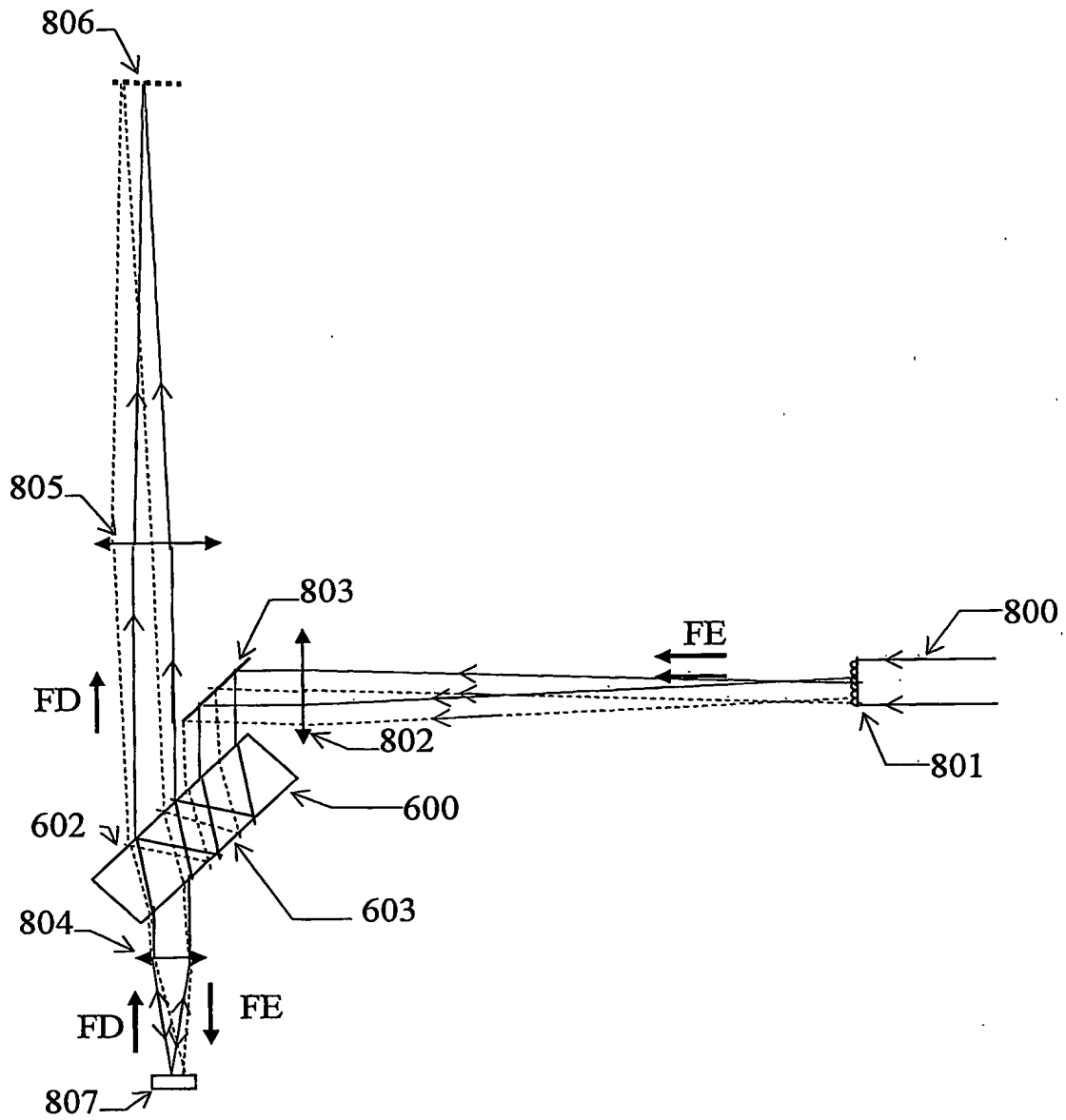


FIGURE 11